

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



Inibição da polimerização de resinas compostas por materiais usados como matrizes oclusais

Maria Inês dos Santos Pampulha

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2014

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



Inibição da polimerização de resinas compostas por materiais usados como matrizes oclusais

Maria Inês dos Santos Pampulha

Dissertação orientada pela Professora Doutora Sofia Arantes e Oliveira

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2014

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que contribuíram e tornaram possível a realização deste trabalho laboratorial.

À Professora Doutora Sofia Arantes e Oliveira a quem, como minha orientadora, devo a concretização desta tese de mestrado. Muito Obrigada por todo o apoio, confiança, compreensão, preocupação e paciência ao longo deste estudo. A sua disponibilidade constante e incentivo foram sem dúvida fundamentais para a construção deste projeto.

À Dr^a Filipa e ao João Pitta Lopes pela ajuda preciosa e disponibilidade ao longo de todo o trabalho laboratorial.

Aos professores da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, o meu sincero agradecimento pelo valioso contributo que deram a esta investigação.

A todos os colegas que me acompanharam durante este projeto de investigação laboratorial, um muito obrigado pela solidariedade e apoio.

Aos meus amigos um especial obrigado pelo sorriso, amizade e todos os momentos partilhados.

Ao João, agradeço todo o apoio, amizade e paciência.

À minha família, especialmente aos meus pais, irmão e avó, pelo exemplo, incentivo e carinho. Obrigada por continuarem a acreditar em mim e me apoiarem incondicionalmente. Todos os valores e ensinamentos que me deram foram importantes e me ajudaram a crescer e ser a pessoa que hoje sou.

A todas as pessoas que, mesmo que não estejam aqui mencionadas, permitiram ou facilitaram a realização deste projeto, o meu sincero agradecimento.

Resumo

Objetivo: Estudar a influência de três materiais de matriz oclusal na polimerização de um compósito, avaliando a capacidade de remoção da camada inibida, o efeito do oxigénio e do aumento do tempo de irradiação na polimerização, através de análise de microdureza.

Métodos: Espécimes de compósito (Grandio[®]SO; VOCO) com 2 mm de espessura foram fotopolimerizados com um LED, com interposição do material em estudo [sem material, tira de acetato, Bite-Perf[®](BITEPERF Dental Products), RegistradoClear (VOCO) e Memosil2 (Heraeus Kulzer)]. Fizeram-se três estudos (n=10). No estudo 1, avaliou-se a influência do aumento do tempo de polimerização, com e sem matriz interposta. No estudo 2, avaliou-se o papel do oxigénio na inibição da polimerização do compósito, preparando os espécimes numa atmosfera com azoto. No estudo 3, avaliou-se a capacidade de remoção da camada inibida, formada sob matriz de polivinilsiloxano, com acetona ou borracha. Efetuaram-se testes de microdureza Knoop no topo e base dos espécimes, 24 horas após a polimerização. Os resultados foram tratados estatisticamente com testes paramétricos MANOVA e SNK *post-hoc* com nível de significância de 5% e não paramétricos Kruskal-Wallis e Mann-Whitney.

Resultados: No estudo 1, a microdureza dos grupos com matriz de Bite-Perf[®] aumentou com a polimerização adicional. Grupos com Memosil e RegistradoClear não apresentaram esse aumento. No estudo 2, só os grupos Memosil, RegistradoClear e Sem Acetato, em azoto, apresentaram microdureza no topo estatisticamente superior ($p<0,05$) à verificada em oxigénio. No estudo 3, a microdureza da superfície de topo nos grupos Memosil-Borracha, Memosil-Acetona, RegistradoClear-Borracha foi inferior à do grupo controlo com acetato.

Conclusões: Com matriz de Bite-Perf[®] a fotopolimerização adicional permite aumentar a polimerização do compósito. O oxigénio inibe a polimerização do compósito quando se utilizam matrizes de polivinilsiloxano. A remoção da camada inibida com acetona e borracha leva a valores de microdureza no topo próximos dos valores da base.

Palavras-Chave: matriz oclusal; resina composta; inibição da polimerização; oxigénio; remoção da camada inibida; tempo polimerização; microdureza Knoop.

Abstract

Objective: To study the influence of three occlusal matrix materials on the polymerization of a resin composite, assessing the increasing irradiation time in polymerization, the effect of oxygen in the inhibited layer and the ability of removing the inhibited layer, through microhardness analysis.

Methods: Composite specimens (Grandio[®]SO; VOCO), 2mm thick, were polymerized with a LED curing device, through the occlusal matrix materials [mylar strip, without mylar strip, Bite-Perf[®](BITEPERF Dental Products), RegistradoClear (VOCO) and Memosil2 (Heraeus Kulzer)]. Three studies were made (n=10). In study 1, the influence of a longer irradiation period on the polymerization was evaluated. In study 2, the effect of oxygen in the creation of an inhibited layer was studied and so specimens were prepared in a nitrogen atmosphere. In study 3, the potential of acetone and rubber polishing techniques in eliminating the oxygen-inhibited layer, formed with PVS matrix, were evaluated. Knoop microhardness measurements were made 24h after curing, at the top and bottom surfaces of the specimens. Data analysis was made with MANOVA, SNK *post-hoc* ($p=5\%$), Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests.

Results: Study 1 showed that microhardness of the specimens in the Bite-Perf[®] groups was increased with additional light-curing. Memosil and RegistradoClear hardness remain unchanged. In Study 2, only Memosil, RegistradoClear and no strip groups in nitrogen showed significantly higher results than in an oxygen atmosphere ($p<0,05$). In Study 3, Memosil-Borracha, Memosil-Acetona, RegistradoClear-Borracha groups showed lower microhardness results compared to mylar strip group.

Conclusions: Longer light-curing periods with Bite-Perf[®] matrixes resulted in higher microhardness values. Oxygen is responsible for the polymerization inhibition observed with PVS matrixes. Acetone and rubber polishing techniques lead to similar microhardness results at the top and bottom surfaces of the specimens.

Key-words: occlusal matrix; resin composite; curing inhibition; oxygen; inhibited layer removal; light-curing time; Knoop microhardness.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	xi
Lista de Abreviaturas.....	xiii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos	6
3. Materiais e Métodos	8
3.1. Materiais	8
3.2. Preparação dos espécimes.....	8
3.2.1. Estudo 1	9
3.2.2. Estudo 2	10
3.2.3. Estudo 3	10
3.3. Testes de Microdureza	12
3.4. Análise Estatística.....	12
4. Resultados	14
4.1. Estudo 1	14
4.2. Estudo 2	15
4.3. Estudo 3	17
5. Discussão.....	19
6. Conclusão.....	25
7. Referências Bibliográficas	26
ANEXO A- Tabelas.....	I
ANEXO B- Figuras	XVII

Lista de Tabelas

Tabela 1- Distribuição dos grupos segundo estudo e condições laboratoriais.	11
--	----

Tabela A 1- Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes do Estudo 1.	II
Tabela A 2- Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores do Estudo 1.	III
Tabela A 3- Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância no Estudo 1.	III
Tabela A 4- Teste Kruskal-Wallis para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes do Estudo 1.	IV
Tabela A 5- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O ₂) e SA(40).	IV
Tabela A 6- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O ₂) e M(40).	IV
Tabela A 7- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O ₂) e BP(40).	V
Tabela A 8- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O ₂) e M(20-20).	V
Tabela A 9- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) no topo e na base dos grupos A(O ₂) e RC(40).	V
Tabela A 10- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O ₂) e BP(20-20).	VI
Tabela A 11- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O ₂) e RC(20-20).	VI
Tabela A 12- Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo e base dos espécimes do Estudo 2.	VII
Tabela A 13- Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores no Estudo 2.	VIII
Tabela A 14- Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância no Estudo 2.	VIII
Tabela A 15- Teste MANOVA de duas dimensões para as variáveis dependentes e atmosfera.	IX
Tabela A 16- Teste ANOVA para a atmosfera de oxigênio e a microdureza Knoop da superfície de topo.	IX
Tabela A 17- Teste <i>post-hoc</i> de Student-Kneuman-Keuls para os valores de microdureza Knoop da superfície de topo obtidos nos espécimes preparados em atmosfera de oxigênio.	IX
Tabela A 18- Teste ANOVA para a atmosfera de azoto e a microdureza Knoop da superfície de topo.	X
Tabela A 19- Teste <i>post-hoc</i> de Student-Kneuman-Keuls para os valores de microdureza Knoop da superfície de topo obtidos nos espécimes preparados em atmosfera de azoto.	X

Tabela A 20- Teste ANOVA para a atmosfera de oxigénio e a microdureza de superfície de base.	X
Tabela A 21-Teste <i>post-hoc</i> de Student-Kneuman-Keuls para os valores de microdureza da superfície de base dos espécimes preparados em atmosfera de oxigénio.....	XI
Tabela A 22-Teste ANOVA para a atmosfera de azoto e microdureza Knoop da superfície de base.....	XI
Tabela A 23-Teste <i>post-hoc</i> de Student Kneuman Keuls para os valores de microdureza Knoop da superfície de base obtidos para os espécimes preparados em atmosfera de azoto.	XI
Tabela A 24- <i>T -test</i> de comparações múltiplas para a microdureza da superfície de topo dos espécimes preparados em atmosfera com azoto e com oxigénio.....	XII
Tabela A 25- Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo e na superfície de base dos espécimes do Estudo 3.	XII
Tabela A 26- Teste de Kolmogrov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores do Estudo 3.....	XIII
Tabela A 27- Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância no Estudo 3.	XIII
Tabela A 28- Teste Kruskal-Wallis para os valores de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo e de base dos espécimes do Estudo 3.....	XIII
Tabela A 29-Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e BRC.	XIV
Tabela A 30- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e BM.....	XIV
Tabela A 31- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e AM.....	XIV
Tabela A 32- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e ARC.	XV

Lista de Figuras

Figura 1-Materiais de Matriz Oclusal estudados	8
Figura 2-Resina composta utilizada Grandio®SO, cor A3	8
Figura 3-Fotopolimerizador LED Ortholux™.	8
Figura 4- A:Materiais usados para preparação dos espécimes (da esquerda para a direita: matriz oclusal, matriz de putty; matriz de acetato; bloco de acrílico com incisivo central superior incluído); B:Preparação do espécime; C:Fotopolimerização do espécime através do material de matriz oclusal.	9
Figura 5- Caixa de Luvas(<i>Glove Box</i> -itecoeng.com)	10
Figura 6- Microdurómetro (Duramin 5)	12
Figura 7-Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais com diferentes tempos de polimerização.....	15
Figura 8- Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de base dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais com diferentes tempos de polimerização.....	15
Figura 9-Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de topo dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais em atmosfera com oxigénio e com azoto.....	16
Figura 10-Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (<i>KHN</i>) na superfície de base dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais em atmosfera com oxigénio e com azoto.....	17
Figura 11- Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop na superfície de topo dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais com diferentes técnicas de remoção da camada inibida.	18
Figura 12- Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop na superfície de base dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais com diferentes técnicas de remoção da camada inibida.	18
 Figura B 1- Imagens de microscopia ótica com ampliação 40x (Duramin5, Struers AVS) da superfície de topo dos espécimes dos vários grupos.	XVIII

Lista de Abreviaturas

Abreviaturas

A(O₂)-Acetato em atmosfera com oxigênio

AM- Memosil com remoção da camada inibida com acetona

ARC- Registrado Clear com remoção da camada inibida com acetona

BM- Memosil com remoção da camada inibida com borracha de polimento

BP- Bite-Perf[®]

BP(20-20)- Bite-Perf[®] com tempo de polimerização de adicional de 20 segundos sem matriz interposta

BP(40)- Bite-Perf[®] com tempo de polimerizaçãoadicional de 20 segundos com matriz interposta

BP(A)- Bite-Perf[®] em atmosfera com azoto

BP(O₂)- Bite-Perf[®] em atmosfera com oxigênio

BRC- Registrado Clear com remoção da camada inibida com borracha de polimento

LED- Diodo Emissor de Luz (*light-emitting diode*)

M- Memosil

M(20-20)- Memosil com tempo de polimerização adicional de 20 segundos sem matriz interposta

M(20-20)- Memosil com tempo de polimerização adicional de 20 segundos sem matriz interposta

M(A)- Memosil em atmosfera com azoto

M(O₂)- Memosil em atmosfera com oxigênio

MANOVA- Análise de variância multivariada (*Multivariate analysis of variance*)

PVS- Polivinilsiloxanos

RC- Registrado Clear

RC(20-20)- Registrado Clear com tempo de polimerização adicional de 20 segundos sem matriz interposta

RC(40)- Registrado Clear com tempo de polimerização adicional de 20 segundos com matriz interposta

RC(A)- Registrado Clear em atmosfera com azoto

RC(O2)- Registrado Clear em atmosfera com oxigénio

SA(40)- Sem acetato com tempo de polimerização de 40 segundos sem matriz interposta

SA(A)- Sem acetato em atmosfera com azoto

SA(O2)- Sem acetato em atmosfera com oxigénio

STK- Teste *post-hoc* Student-Newman-Keuls

Símbolos

%- percentagem

n- tamanho da amostra

p- significância estatística

Unidades

mW7cm²- unidade de intensidade de radiação (microwatt por centímetro quadrado)

mm- unidade de medida (milímetros)

°C- unidade de temperatura (graus Celsius)

h- unidade de tempo (horas)

mN-unidade de Força (milinewtons)

KHN- unidade de microdureza Knoop

1. **Introdução**

Ao longo dos tempos, diversos materiais têm vindo a ser utilizados para a restauração de dentes posteriores, tais como ouro, cerâmica, amálgama e resina composta. Com a evolução das técnicas adesivas e das resinas compostas, estas têm vindo a ser cada vez mais utilizadas, substituindo a amálgama como material de referência, principalmente nas situações onde a estética é privilegiada (Castro *et al.*, 1997; Sadowsky, 2006; Margraf, 2008).

A restauração direta de dentes posteriores com resina composta é uma técnica complexa, não só pelo estabelecimento da técnica adesiva, mas também pela dificuldade na execução de pontos de contato e escultura da anatomia oclusal, que se apresenta como um dos procedimentos mais difíceis, demorados e importantes, pelo seu envolvimento ao nível da mastigação e da oclusão (Castro *et al.*, 1997; Hamilton *et al.*, 1998; Ramirez, 2007; Margraf, 2008). Por outro lado, a necessidade de acabamento e polimento após o procedimento leva, não só a um aumento do tempo clínico despendido, mas também a um risco de lesão da estrutura dentária (Liebenberg, 1996; Castro *et al.*, 1997; Hamilton *et al.*, 1998; Ramirez, 2007).

Assim, têm surgido algumas técnicas que permitem a duplicação da superfície oclusal íntegra (Liebenberg, 1996), recorrendo a uma matriz oclusal, para que se consigam restaurações em resina composta de dentes posteriores perfeitas, tanto do ponto de vista estético como funcional (Castro *et al.*, 1997; Hamilton *et al.*, 1998).

Uma matriz oclusal permite reproduzir a anatomia oclusal, previamente à restauração com resina composta, utilizando materiais de impressão transparentes. Todo o procedimento de preparação dos dentes e aplicação da resina é muito semelhante, com a particularidade de, após a aplicação da última camada de compósito, ser colocada uma matriz oclusal sobre o dente e a resina composta, fotopolimerizada através da mesma (Liebenberg, 1996; Hamilton *et al.*, 1998).

As matrizes oclusais são, principalmente, utilizadas nas restauração de classe I e II, quando existe uma superfície oclusal íntegra, como em lesões de cárie iniciais com preservação do esmalte superficial, mas que por vezes ultrapassam a união amelo-dentinária em profundidade (Baratieri *et al.*, 1996; Liebenberg, 1996; Ramirez, 2007; Margraf, 2008). Alguns autores defendem também a sua utilização para

substituição de restaurações antigas com superfície oclusal e cristas marginais íntegras e realização de restaurações provisórias em *inlays* e *onlays* (Liebenberg, 1996; Ramirez, 2007).

Esta técnica tem como principais vantagens a reprodução fiel da oclusão e anatomia original do dente (Liebenberg, 1996; Hamilton *et al.*, 1998; Mackenzie, 2012), a redução da necessidade de acabamento e polimento (Hamilton *et al.*, 1998; Ramirez, 2007), a diminuição da ocorrência de poros na superfície da restauração (Liebenberg, 1996; Hamilton *et al.*, 1998) e, segundo alguns autores, a não formação da camada superficial inibida pelo oxigênio, uma vez que a matriz impede o contato com o mesmo durante a polimerização (Liebenberg, 1996; Hamilton *et al.*, 1998).

De uma forma geral, estas vantagens permitem associar o aumento da qualidade da restauração a uma diminuição do tempo clínico, por não ser necessária remoção de excessos e polimento.

Uma desvantagem apontada a estes sistemas é o aumento do custo e tempo clínico para confecção da matriz (Hamilton *et al.*, 1998), embora segundo outros autores (Ramirez, 2007) a matriz possa ser confeccionada enquanto se espera pelo efeito da anestesia. Por outro lado, Liebenberg sugere a criação de um canal de escape na matriz oclusal, para que o excesso de compósito seja eliminado, limitando as situações de sobreoclusão e o processo de acabamento e polimento (Liebenberg, 1996). Finalmente, alguns autores defendem que, após a remoção da matriz, deve fazer-se uma fotopolimerização adicional para garantir uma adequada polimerização da resina composta, uma vez que receiam uma diminuição da intensidade de luz que chega à superfície do compósito (Liebenberg, 1996; Hamilton *et al.*, 1998).

A presença de uma camada superficial de resina composta inibida leva a restaurações com pior qualidade clínica, pela presença de uma camada na superfície de topo não polimerizada, de consistência viscosa, que compromete o sucesso da restauração, ao reduzir a dureza da superfície, resistência ao desgaste e adaptação marginal (Suh, 2004; Shawkat *et al.*, 2009; Park & Lee, 2011). Assim, os procedimentos para remoção desta camada assumem elevada importância aumentando a estética e a longevidade da restauração, através da criação de uma superfície lisa e mais resistente (Venturini *et al.*, 2006; Celik & Ozgunaltay, 2009; Scheibe *et al.*, 2009). Alguns autores consideram que as técnicas de polimento permitem a obtenção de uma superfície mais

lisa do que aquela produzida com a utilização de uma matriz de acetato, considerado método de referência para a não formação da camada inibida (Park&Lee, 2011). A nível clínico, existem diversas alternativas para o polimento das restaurações em resina composta, nomeadamente a utilização de brocas, pedras, discos, borrachas, tiras de lixa, pastas de polimento com diferente abrasividade (Kenneth, 2003;Barbosa *et al.*, 2005;Attar, 2007;Jefferies, 2007). No entanto, não existe consenso científico em relação à técnica ideal para o polimento de resinas compostas (Barbosa *et al.*, 2005;Schmitt *et al.*, 2011). Alguns estudos referem ainda a utilização de soluções de acetona (Eliades&Caputo, 1989;Bergmann *et al.*, 1991;Suh, 2004) ou etanol (Shawkat *et al.*, 2009;Oyama *et al.*, 2012) como métodos eficazes para a remoção da camada inibida, uma vez que permitem a remoção seletiva da componente não polimerizada da resina composta (Bergmann *et al.*, 1991).

É extremamente importante garantir uma adequada polimerização da resina composta, não só na superfície mas em toda a extensão da restauração, para que se consigam boas propriedades físicas do material e, consequentemente, das restaurações com ele realizadas (de Jong *et al.*, 2007;Ferracane, 2013). Para avaliar a eficácia da polimerização pode recorrer-se a métodos diretos e indiretos (Poskus *et al.*, 2004;de Jong *et al.*, 2007;Mobarak *et al.*, 2009). Os métodos diretos, nomeadamente a espectroscopia por infravermelhos ou espectroscopia Raman, quantificam diretamente a percentagem de ligações duplas convertidas em ligações simples durante a reação de polimerização, ou seja o grau de conversão, sendo métodos complexos, demorados e dispendiosos (Poskus *et al.*, 2004;de Jong *et al.*, 2007;Mobarak *et al.*, 2009). Por sua vez, os métodos indiretos são métodos precisos e de fácil aplicação, sendo por isso usados com maior frequência (Poskus *et al.*, 2004;de Jong *et al.*, 2007). Os testes de microdureza são um dos métodos indiretos mais utilizados, relacionando a dureza da resina composta com o seu grau de conversão (Poskus *et al.*, 2004). A microdureza, pode ser medida ao longo da superfície lateral do espécime, indicando uma alteração gradual na profundidade de polimerização, ou medida nas superfícies de topo e base do espécime, utilizando-se o *ratio* entre ambas as superfícies de forma a indicar a profundidade de polimerização. Assim, este valor serve como indicador da homogeneidade de polimerização em todo o espécime (Mobarak *et al.*, 2009). Para que se considere que a polimerização foi adequada é necessário que o *ratio* de dureza entre a superfície de base e a de topo esteja entre os 80% e os 90% (de Jong *et al.*, 2007). No

caso das resinas compostas, e de outros materiais poliméricos, a dureza Knoop é considerada mais adequada do que a dureza Vickers, porque minimiza os efeitos da recuperação elástica, característica destes materiais (Poskus *et al.*, 2004), garantindo resultados mais fidedignos (Uhl *et al.*, 2004).

Entre os materiais disponíveis para a função de matriz oclusal, podem ser utilizadas resinas compostas fotopolimerizáveis desenvolvidas para restaurações provisórias (Fermit®- Vivadent, Brazil) (Ramirez, 2007;Geddes *et al.*, 2009), resinas acrílicas transparentes (Duralay colorless- Resilience) (Baratieri *et al.*, 1996;Ramirez, 2007), Matrix Butons® (Advantage Dental Products, Inc, Michigan, USA) (Ramirez, 2007), GC Occlusal Matrix System® (GC America Inc., Alsip, IL, USA) (Ramirez, 2007), destacando-se os polivinilsiloxanos (PVS), um silicone de adição transparente usado para registo oclusal (Memosil® 2 e Registrado Clear), e o Bite-Perf®, um dispositivo constituído por uma haste e uma cabeça em policarbonato e uma zona de material termoplástico transparente (polietileno), próprio para fazer o registo oclusal (Liebenberg, 1996;Ramirez, 2007;Geddes *et al.*, 2009).

Os PVS pertencem à família dos elastómeros, um grupo de polímeros borrachóides, capazes de sofrer grandes deformações elásticas quando sobre eles é aplicada uma força, sendo esta propriedade essencial para a sua utilização como material de impressão (Smith, 1998;Kenneth, 2003). Na generalidade, os siloxanos são materiais que apresentam várias propriedades de interesse, especialmente na área biomédica, como a biocompatibilidade, energia de superfície reduzida e permeabilidade à passagem de gases (Boileau, 2008). Normalmente são apresentados sobre a forma de duas pastas (base e catalisadora), que têm de ser misturadas, em quantidades iguais, antes de sua utilização (Mandikos, 1998).

O polietileno, presente no Bite-Perf®, é um material termoplástico translúcido, de tonalidade clara (Smith, 1998). É um material muito utilizado, principalmente pelas suas propriedades como excelente resistência mecânica e à corrosão, boa flexibilidade a várias temperaturas, ótimas propriedades de isolamento e baixa transmissão de vapor de água (Smith, 1998).

Apesar da utilização destes materiais para a confeção de matrizes oclusais ter sido tema de várias publicações (Castro *et al.*, 1997;Hamilton *et al.*, 1998;Ramirez, 2007;Margraf, 2008), foram recentemente publicados dados que sugerem a atenuação

da intensidade da luz de polimerização através da matriz de Bite-Perf[®], com consequente diminuição do grau de conversão da resina composta. O mesmo estudo refere também uma inibição da polimerização da camada superficial de resina composta quando polimerizada através das matrizes de PVS, que segundo os autores, poderá resultar de uma inibição química da polimerização na superfície ou de uma falta de isolamento do oxigénio na superfície da resina (Pitta Lopes *et al.*, 2013). Este trabalho serviu de base para o presente estudo, uma vez que se questiona a capacidade dos materiais de PVS prevenirem a formação da camada superficial de resina composta inibida, levando assim à necessidade de polimento, mesmo com a utilização de uma matriz oclusal. Por outro lado, o mesmo estudo sugeriu a necessidade de avaliar o efeito do aumento do tempo de polimerização, de forma a aumentar o grau de conversão da resina que terá sido inibida.

2. Objetivos

Este projeto tem como principal objetivo estudar a interação entre três materiais utilizados como matriz oclusal (Memosil2, Registrado Clear e Bite-Perf®) e a polimerização de uma resina composta.

Concretizou-se este objetivo principal nos seguintes objetivos específicos:

1- Analisar a influência do aumento do tempo de polimerização em 20 segundos através da matriz oclusal, no grau de conversão da resina composta, através da análise dos valores de microdureza dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A polimerização adicional de 20 segundos através da matriz oclusal interposta não altera o grau de conversão da resina composta.

H1: A polimerização adicional de 20 segundos através da matriz oclusal interposta altera o grau de conversão da resina composta.

2- Analisar a influência do aumento do tempo de polimerização em 20 segundos sem interposição de matriz oclusal, no grau de conversão da resina composta, através da análise dos valores de microdureza dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A polimerização adicional de 20 segundos sem a matriz oclusal interposta não altera o grau de conversão da resina composta.

H1: A polimerização adicional de 20 segundos sem a matriz oclusal interposta altera o grau de conversão da resina composta.

3- Analisar a influência da alteração da atmosfera na polimerização da resina composta através do material de matriz oclusal, pela análise dos valores de microdureza dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A alteração da atmosfera de oxigênio para azoto não provocou alteração na microdureza da resina composta.

H1: A alteração da atmosfera de oxigénio para azoto provocou alteração na microdureza da resina composta

4- Avaliar a capacidade de remoção da camada inibida na superfície de topo, através da aplicação de acetona, pela análise dos valores de microdureza dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: A aplicação de acetona não permite uma remoção eficaz da camada superficial da resina composta inibida.

H1: A aplicação de acetona permite uma remoção eficaz da camada superficial da resina composta inibida.

5- Avaliar a capacidade de remoção da camada inibida na superfície de topo, através de polimento da superfície de topo com borracha, pela análise dos valores de microdureza dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

H0: O polimento da superfície com borracha não permite uma remoção eficaz da camada superficial de resina composta inibida.

H1: O polimento da superfície com borracha permite uma remoção eficaz da camada superficial de resina composta inibida.

3. Materiais e Métodos

3.1. Materiais

Neste estudo laboratorial, utilizaram-se dois materiais de polivinilsiloxano: Memosil® 2 (M- Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha; lote 385030; validade 08-2014) e RegistradoClear (RC- VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha; lote 1328450; validade 07-2015), normalmente indicados para execução de registo oclusal, e um polietileno modificado, termoplástico, comercializado para ser utilizado como matriz oclusal (BP- Bite-perf®; BITEPERF Dental Products, Málaga, Espanha) (Figura 1).



Figura 1-Materiais de Matriz Oclusal estudados: **A-**Memosil®2; **B-**Registrado Clear; **C-**Bite-Perf®

Como material de restauração para fabricar os espécimes foi escolhida uma resina composta nanohíbrida (Grandio®SO; VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha; lote 1336505; validade 03-2016), cor A3 (Figura 2).

O fotopolimerizador utilizado foi um LED (diodo emissor de luz; Ortholux™ LED Curing Light, série 939830002571, 3M Unitek GmbH, Seefeld, Alemanha) (Figura 3). A intensidade de 880 mW/cm^2 foi medida antes da fotopolimerização, durante 10 segundos, com um radiômetro (Bluephase® meter, série 001390, Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein).



Figura 2-Resina composta utilizada Grandio®SO, cor A3



Figura 3-Fotopolimerizador LED Ortholux™.

3.2. Preparação dos espécimes

Prepararam-se matrizes de cada material, com 2mm de espessura controlada com um espessímetro (Digimatic Caliper, série 500-120, Mitutoyo, Japão). No caso do

material BP, por se apresentar incluído numa base de policarbonato, a sua componente termoplástica foi removida, aquecida e moldada até se obter a espessura desejada.

Foram preparados 200 espécimes de resina composta, divididos por 20 grupos (n=10), utilizando um molde de silicone (Hydrorise®, Zhermack®, Badia Polesine, Itália; lote 165921; validade 03-2016) de consistência *putty* com 2mm de espessura e 3mm de diâmetro. Este molde foi colocado sobre a face vestibular um incisivo central incluído num bloco de acrílico, de forma a refletir a luz de polimerização, mimetizando as circunstâncias clínicas. Entre o molde e o dente foi colocada uma tira de acetato para evitar o contacto da resina composta com o oxigénio (Figuras 4A e 4B). Cada espécime foi fotopolimerizado durante 20 segundos, mantendo a ponta do fotopolimerizador a 2mm de distância da superfície de topo da resina composta, de acordo com as instruções do fabricante, com exceção dos espécimes dos grupos de estudo que requeriam um aumento do tempo de fotopolimerização (Figura 4C). Foram identificadas as superfícies de topo (mais próxima da fonte de luz) e de base (mais distante da fonte de luz) com uma caneta de acetato. Após a fotopolimerização, os espécimes foram colocados numa câmara escura a 37°C, sob compressas embebidas em água para tornar o ambiente húmido, durante 24 horas, permitindo a polimerização pós-irradiação da resina composta.

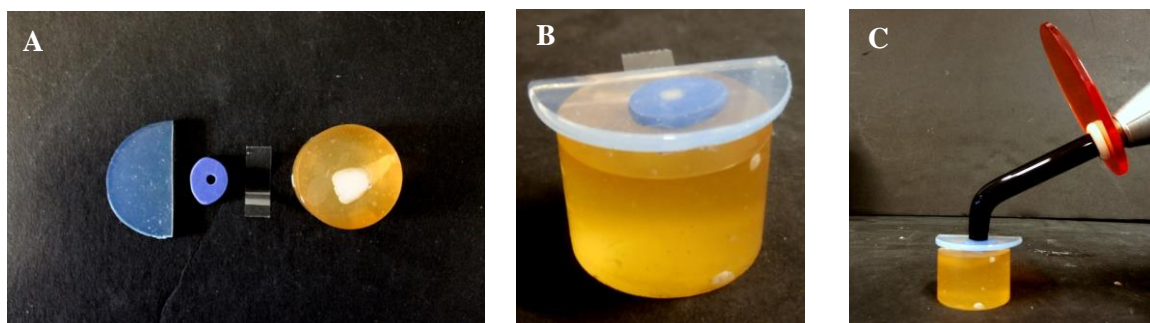


Figura 4- **A:** Materiais usados para preparação dos espécimes (da esquerda para a direita: matriz oclusal, matriz de putty; matriz de acetato; bloco de acrílico com incisivo central superior incluído); **B:** Preparação do espécime; **C:** Fotopolimerização do espécime através do material de matriz oclusal.

No grupo controlo, utilizou-se uma matriz de acetato na base e na superfície de topo foram utilizados os materiais de matriz oclusal (sem acetato, com acetato, grupo BP, M e RC) (Tabela 1).

3.2.1. Estudo 1

No estudo 1, avaliou-se a influência do aumento do tempo de polimerização no grau de conversão da resina composta, utilizando as matrizes oclusais. Fez-se um grupo controlo, sem matriz de acetato na superfície de topo, onde se aumentou o tempo de

polimerização para 40 segundos. Em cada grupo de matriz oclusal, o tempo de polimerização foi igualmente aumentado para 40 segundos, no subgrupo A com a matriz oclusal sobre o espécime e no subgrupo B a matriz oclusal só esteve interposta durante os primeiros 20 segundos (Tabela 1).

3.2.2. Estudo 2

No estudo 2, avaliou-se o papel do oxigénio na inibição da fotopolimerização da resina composta. Para tal, preparam-se espécimes em atmosfera de azoto e oxigénio. Nos espécimes em oxigénio, utilizou-se uma matriz de acetato na base e na superfície de topo foram utilizados os materiais de matriz oclusal (sem acetato, grupo BP, M e RC). Nos espécimes em azoto, os espécimes foram preparados no interior de uma caixa de luvas (*Glove Box*; série nº 28206; ano 2005; Iteco Engineering®; Castelbolognese; Itália) com atmosfera de azoto (Sociedade Portuguesa do Ar Líquido, Algés, Portugal) (Figura5). Para garantir que não existia oxigénio no interior da câmara de luvas, fez-se uma extração inicial de oxigénio durante 10 minutos, com introdução do gás de azoto. A cada 10 minutos de trabalho, era realizada uma nova extração durante 2 minutos. Fez-se um grupo controlo, sem matriz de acetato na superfície de base nem na superfície de topo, e mais três grupos, onde se utilizou uma matriz de acetato na superfície de base e uma matriz oclusal na superfície de topo (Tabela 1).



Figura 5- Caixa de Luvas(*Glove Box*-itecoeng.com)

3.2.3. Estudo 3

No estudo 3, foi avaliada a eficácia de remoção da camada superficial de resina composta com inibição de polimerização, nos grupos em que não foi possível reverter esta inibição com o aumento da fotopolimerização, em ambiente com oxigénio [M(O₂) e RC (O₂)]. Foi utilizada acetona (subgrupo A) ou borracha de polimento (Sistema Enhance, Dentsply, York, EUA) (subgrupo B). Após a fotopolimerização do espécime através da matriz oclusal, no subgrupo A, foi aplicada acetona (Lacrilar, Ramalhal,

Portugal) com uma zaragatoa, esfregando a superfície de topo, durante 5 segundos. No subgrupo B, realizou-se o polimento da superfície de topo do espécime com a borracha de polimento, colocada no contra ângulo (Kavo Dental GmbH, Biberach, Alemanha) com velocidade máxima, durante 5 segundos (Tabela1).

	Condições	Grupos	N
CONTROLO	Oxigénio	Acetato <i>A(O2)</i>	10

	Condições	Grupos	N
ESTUDO 1	40 segundos 20+20 segundos	Sem Acetato <i>SA (40)</i>	10
		Bite-Perf <i>BP (40)</i>	10
	40 segundos	Memosil <i>M (40)</i>	10
		Registrado <i>RC (40)</i>	10
		Bite-Perf <i>BP (20-20)</i>	10
	20+20 segundos	Memosil <i>M (20-20)</i>	10
		Registrado <i>RC (20-20)</i>	10

	Condições	Grupos	N
ESTUDO 2	Azoto	Sem Acetato <i>SA(A)</i>	7
		Bite-Perf <i>BP(A)</i>	10
		Memosil <i>M(A)</i>	10
		Registrado <i>RC(A)</i>	10
	Oxigénio	Sem Acetato <i>SA(O2)</i>	10
		Bite-Perf <i>BP(O2)</i>	10
		Memosil <i>M(O2)</i>	10
		Registrado <i>RC(O2)</i>	10

	Condições	Grupos	N
ESTUDO 3	Acetona	Memosil <i>AM</i>	10
		Registrado <i>ARC</i>	10
	Borracha	Memosil <i>BM</i>	10
		Registrado <i>BRC</i>	10

Tabela 1- Distribuição dos grupos segundo estudo e condições laboratoriais.

3.3. Testes de Microdureza

Os testes de microdureza de Knoop foram realizados utilizando um microdurómetro (Duramin 5, nº série 5655187, Struers AVS, Ballerup, Dinamarca) (Figura 6), com uma carga de 245,3 mN, durante 10 segundos. Foram efetuadas três indentações, nas superfícies, de topo e de base, de cada espécime que foram observadas, através de microscopia ótica (ampliação 40x) (Duramin5; Struers AVS). Foi medida a maior diagonal da indentação, em losango, e o valor obtido, através do programa informático específico para o microdurómetro (Duramin5; Struers AVS), indica a microdureza Knoop. Para análise dos valores obtidos, utilizaram-se os valores médios de microdureza em cada espécime.

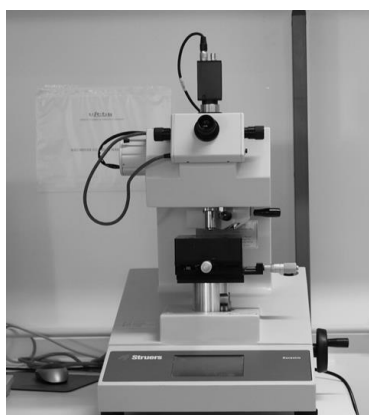


Figura 6- Microdurómetro (Duramin 5)

3.4. Análise Estatística

Foi efetuada uma análise estatística descritiva dos valores médios de microdureza Knoop dos espécimes. Para cada um dos estudos calculou-se a média, desvio padrão e os valores máximos e mínimos obtidos.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com o programa informático SPSS® versão 21.0 (SPSS Inc. Chicago, IL 60606, EUA). Para testar a homogeneidade da variância e a normalidade da distribuição dos valores foram utilizados testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov, que permitem avaliar a possibilidade da utilização de testes paramétricos.

Os valores de microdureza do estudo 2 foram tratados com uma análise MANOVA de duas dimensões. A atmosfera e o tipo de material de matriz oclusal foram as variáveis independentes, enquanto os valores de microdureza Knoop na superfície de topo e de base foram as variáveis dependentes. Realizaram-se testes *post-hoc* de Student-Newman-Keuls para comparação dos resultados entre os grupos deste estudo, estabelecendo-se como nível de significância estatística (*p*) o valor de 5%.

Os valores de microdureza dos estudos 1 e 3 foram tratados com testes de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney, comparando os valores médios de microdureza dos espécimes de cada grupo com os valores dos espécimes do grupo controle com acetato em ambiente com oxigênio, utilizando-se a correção de Bonferroni para estabelecer o nível de significância, de acordo com os grupos comparados. Para o estudo 1, o nível de significância estatística (p) foi de 0,714% e para o estudo 3 de 1,25%.

4. Resultados

4.1. Estudo 1

No estudo 1, os valores médios de microdureza da superfície de topo da resina composta variaram entre 20,88 *KHN* para os espécimes do grupo SA (40) e 82,02 *KHN* para os espécimes do grupo BP (20-20). Os valores médios de microdureza na base da resina composta, no mesmo estudo, variaram entre 60,18 *KHN* para o grupo A(O2) e 75,35 *KHN* para o grupo SA(40).

Após terem sido realizados os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Levene, verificou-se que apesar de existir normalidade da distribuição dos valores, não existia homogeneidade de variância, pelo que se utilizaram testes não paramétricos. A comparação dos valores de microdureza nas superfícies de topo e base dos espécimes dos grupos de estudo em relação aos espécimes do grupo controlo, A(O2), foram realizados com o teste de Kruskal-Wallis para os valores de microdureza, tendo sido identificadas diferenças estatisticamente significativas para as duas superfícies ($p < 0,05$). Assim, realizaram-se sete comparações dois a dois com o teste de Mann-Whitney para os valores de microdureza das superfícies de topo e base dos espécimes [A(O2) com SA(40), BP(40), M(40), RC(40), BP(20-20), M(20-20), RC(20-20)]. Foi necessário realizar uma correção de Bonferroni para as sete comparações, tendo o nível de significância sido alterado para 0,00714.

A microdureza da superfície de topo dos espécimes dos grupos SA(40), M(40), RC(40), M(20-20) e RC(20-20) foi significativamente mais baixa do que nos espécimes do grupo A(O2) ($p < 0,00714$), enquanto os espécimes dos grupos BP(40) e BP(20-20), apresentaram resultados estatisticamente semelhantes com os espécimes do grupo controlo ($p > 0,00714$). Na superfície de base, apenas os espécimes do grupo M(20-20) apresentaram diferenças a nível estatístico com o grupo A(O2) ($p < 0,00714$).

Estudo 1- Tempo de Polimerização (TOPO)

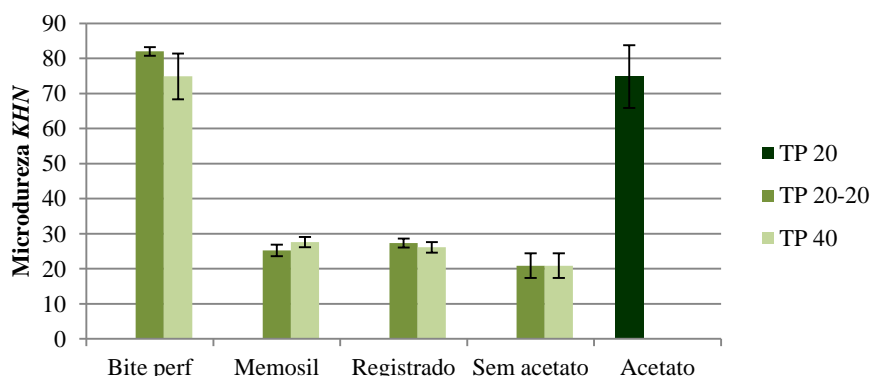


Figura 7-Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo dos espécimes polymerizados sob os diferentes materiais com diferentes tempos de polimerização. **TP 40** (tempo polimerização 40 segundos com matriz interposta); **TP 20-20** (tempo de polimerização com dois períodos de 20 segundos, primeiro com matriz interposta e de seguida sem ela) **TP 20** (tempo de polimerização de 20 segundos com a matriz interposta).

Estudo 1- Tempo de Polimerização (BASE)

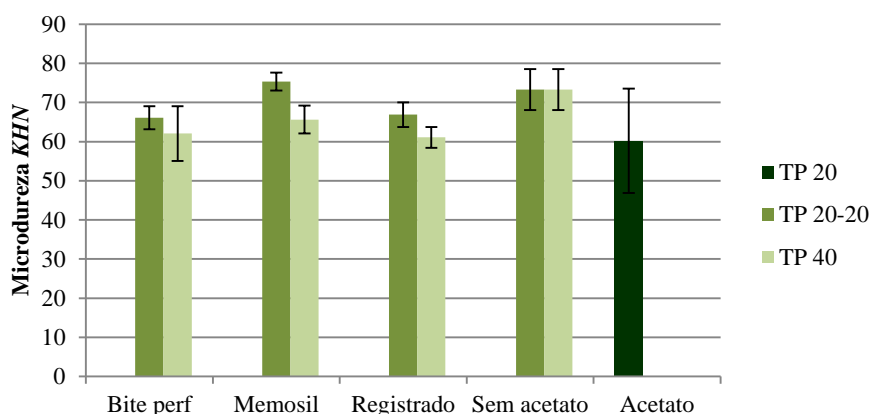


Figura 8- Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de base dos espécimes polymerizados sob os diferentes materiais com diferentes tempos de polimerização. **TP 40** (tempo polimerização 40 segundos com matriz interposta); **TP 20-20** (tempo de polimerização com dois períodos de 20 segundos, primeiro com matriz interposta e de seguida sem ela) **TP 20** (tempo de polimerização de 20 segundos com a matriz interposta).

4.2. Estudo 2

No estudo 2, os valores médios de microdureza na superfície de topo variaram entre 22,30 *KHN* para os espécimes do grupo RC(O2) e 66,90 *KHN* para os espécimes do Grupo BP(O2). Os valores médios de microdureza na base variaram entre 39,30 *KHN* para os espécimes do grupo BP(O2) e 70,25 *KHN* para os do grupo SA(A).

Após terem sido verificados na sua maioria os pressupostos de normalidade da distribuição pelo teste Kolmogorov-Smirnov e de homogeneidade de variância pelo teste

de Levene, aplicou-se um teste MANOVA, com a atmosfera e o tipo de material de matriz oclusal como variáveis independentes e os valores de microdureza Knoop na superfície de topo e na superfície de base como variáveis dependentes. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos valores de microdureza Knoop dos espécimes produzidos sob diferentes materiais e sob diferentes condições de atmosfera, existindo uma interação significativa entre estas variáveis, ou seja o efeito da atmosfera não foi igual para todos os materiais. Como tal, foi efetuada uma análise de ANOVA para cada uma das variáveis dependentes (microdureza da superfície de topo e da superfície de base) e para cada uma das variáveis independentes (atmosfera e material de matriz oclusal). Para comparar os efeitos causados na microdureza dos espécimes pelos diferentes materiais de matriz oclusal, utilizou-se o teste *post-hoc* de Student-Newman-Keuls.

Na análise da microdureza da superfície de topo, num ambiente com oxigénio os espécimes do grupo BP foram os que apresentaram valores estatisticamente mais elevados relativamente aos dos outros grupos ($p < 0,05$), não existindo outras diferenças estatisticamente significativas. Na atmosfera com azoto, os espécimes do grupo BP(A) foram os que apresentaram valores significativamente mais baixos ($p > 0,05$), enquanto os do grupo SA(A) foram os que obtiveram valores significativamente mais elevados ($p > 0,05$), comparativamente com os espécimes dos outros grupos. Os espécimes dos grupos RC(A) e M(A) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

Estudo 2- Inibição da Polimerização pelo O₂ (TOPO)

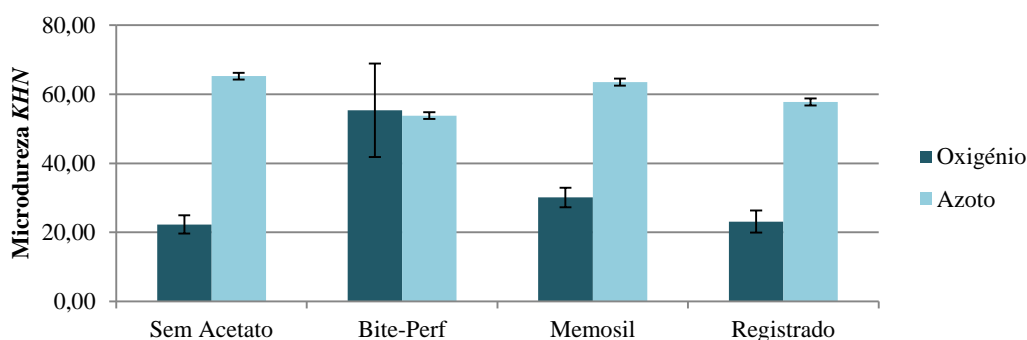


Figura 9-Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais em atmosfera com oxigénio e com azoto.

Em relação à análise de microdureza na base, num ambiente com oxigénio os espécimes do grupo BP(O₂) apresentaram, relativamente aos outros grupos, os valores estatísticos mais baixos e os espécimes do grupo M(O₂) os mais elevados ($p < 0,05$). Na

atmosfera com azoto, os espécimes do grupo BP(A) também apresentaram valores estatisticamente mais baixos, enquanto os espécimes do grupo SA(A) foram os que apresentaram os valores mais altos, relativamente aos outros grupos ($p<0,05$). Tal como aconteceu para os valores de microdureza na superfície de topo da resina composta, os espécimes dos grupos RC(A) e M(A) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

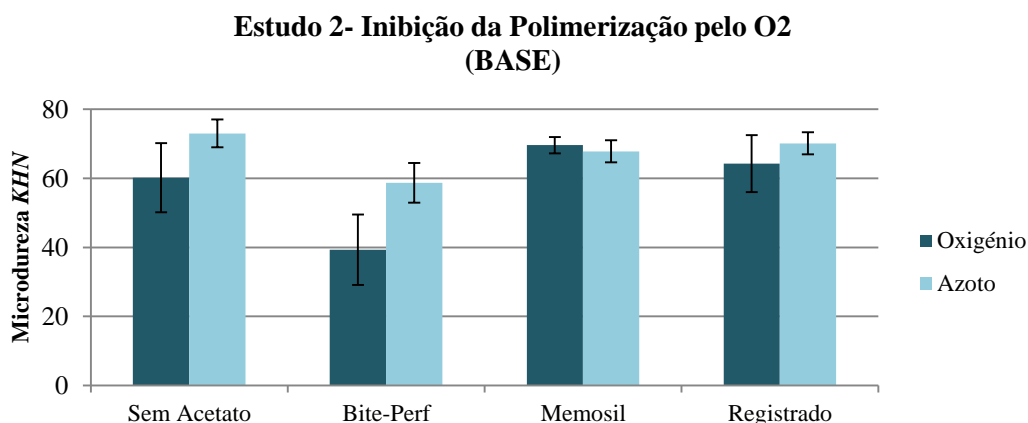


Figura 10-Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (KHN) na superfície de base dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais em atmosfera com oxigénio e com azoto.

A microdureza de topo dos espécimes de resina composta polimerizados em atmosfera de azoto foi significativamente mais elevada nos espécimes dos grupos SA(A), M(A) e RC(A), comparativamente com os espécimes dos mesmos grupos em atmosfera oxigénio ($p<0,05$). Para os espécimes do grupo BP, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as atmosferas ($p>0,05$).

4.3. Estudo 3

No estudo 3, foram utilizados só os materiais de matriz oclusal para os quais o aumento do tempo de polimerização não produziu um aumento da dureza da superfície de topo, ou seja, os grupos M e RC.

Os valores médios de microdureza da superfície de topo dos espécimes de resina composta, com a aplicação de acetona e polimento com borracha, variaram entre 44,91 *KHN* e 56,95 *KHN* e os valores na superfície de base variaram entre 55,77 *KHN* e 69,96 *KHN*. Tanto na microdureza de topo como na microdureza de base, os espécimes do grupo BM foram os que apresentaram valores de microdureza mais elevados, enquanto os valores mais baixos foram registados nos espécimes do grupo BR.

Após terem sido realizados os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Levene, verificou-se que, apesar de existir normalidade da distribuição dos valores, não existia

homogeneidade de variância, pelo que se utilizaram testes não paramétricos. Realizou-se o teste de Kruskal-Wallis para as superfícies de topo e base, em relação ao grupo A(O2), tendo sido identificadas diferenças estatisticamente significativas nas duas superfícies ($p < 0,05$). Assim, realizaram-se quatro comparações dois a dois com o teste de Mann-Whitney para as superfícies de topo e base dos espécimes [A(O2) com BM, BRC, AM e ARC]. Foi necessário realizar uma correção de Bonferroni para as quatro comparações, tendo o nível de significância sido alterado para 0,0125.

Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas na microdureza no topo entre os espécimes de todos os grupos deste estudo e os do grupo controlo A(O2) ($p < 0,0125$). Na superfície de base, os espécimes de todos os grupos apresentaram valores de microdureza estatisticamente semelhantes com os espécimes do grupo A(O2) ($p > 0,0125$). Apesar do resultado de Kruskal-Wallis, não foram detetadas diferenças significativas nos valores da base com o teste de Mann-Whitney.

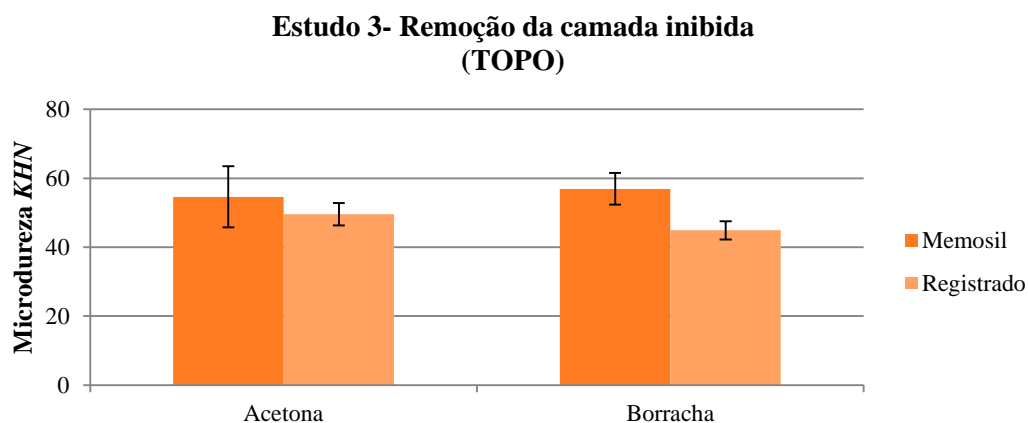


Figura 11- Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop na superfície de topo dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais com diferentes técnicas de remoção da camada inibida.

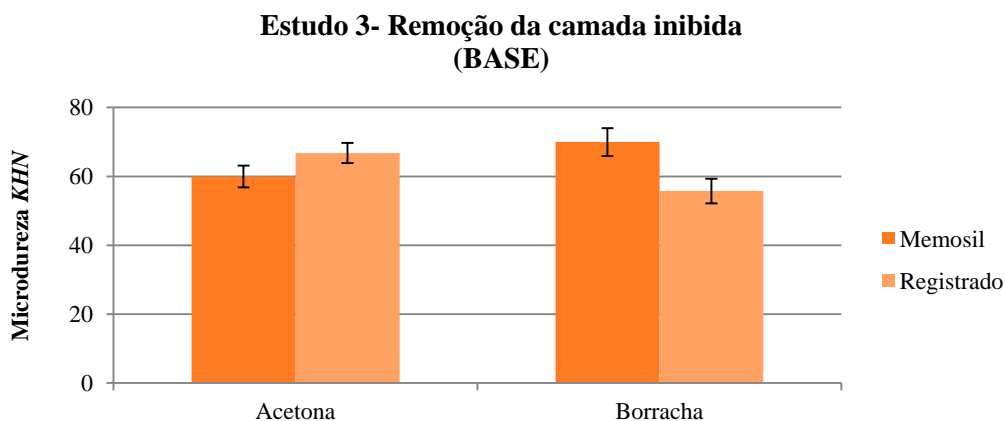


Figura 12- Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop na superfície de base dos espécimes polimerizados sob os diferentes materiais com diferentes técnicas de remoção da camada inibida.

5. Discussão

Neste estudo, avaliou-se a interação entre os materiais usados para a confecção de matrizes oclusais e a polimerização de uma resina composta, recorrendo a testes de microdureza Knoop das superfícies de topo e base dos espécimes.

Os valores de microdureza são utilizados para determinar indiretamente o grau de conversão das resinas compostas, não sendo indicados, para essa finalidade, em situações onde seja necessária a comparação entre várias resinas compostas (Ferracane, 1985; Mobarak *et al.*, 2009). Neste trabalho, só foi utilizada uma resina composta e, os valores de microdureza das superfícies de topo e de base dos espécimes, serviram para analisar indiretamente o grau de conversão dos espécimes de cada grupo de estudo.

Os espécimes foram armazenados numa câmara escura, durante 24 horas, para possibilitar a polimerização da resina composta posterior à ativação pela luz (Mobarak *et al.*, 2009; Scotti *et al.*, 2013). O armazenamento feito numa câmara escura impede o contacto com a luz, durante o período pós-polimerização, e o ambiente com humidade relativa a 37°C, permite reproduzir laboratorialmente as condições existentes na cavidade oral.

Utilizou-se um dente natural como material refletor da luz do fotopolimerizador, uma vez que esta se apresenta como a forma mais adequada de reproduzir laboratorialmente a realidade clínica (Portugal, 2008), já que a reflexão da luz pode influenciar a polimerização das resinas compostas (de Jong *et al.*, 2007).

Os dados que referem que o PVS, quando utilizado como material de matriz oclusal, levam ao aparecimento de uma camada superficial com polimerização inibida no topo da resina composta, salientam a necessidade de compreender quais os fatores responsáveis por essa inibição (Pitta Lopes *et al.*, 2013). Por outro lado, é referida com frequência na literatura a necessidade da aplicação de luz adicional, após remoção do material de matriz oclusal (Liebenberg, 1996; Castro *et al.*, 1997; Hamilton *et al.*, 1998), uma vez que se verifica uma diminuição da eficácia da polimerização da resina composta polimerizada através da matriz. No primeiro estudo efetuado neste trabalho laboratorial, avaliou-se o efeito do aumento do tempo de polimerização, em 20 segundos, com e sem matriz oclusal interposta, na polimerização da resina composta.

Para confirmar se se atingiram níveis de polimerização satisfatórios dos espécimes de resina composta, foi necessário compará-los com o grupo controlo A(O2), considerado ideal, uma vez que as tiras de acetato protegeram a resina composta da inibição pelo oxigénio. Quando se compararam os valores da base, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas com o controlo A(O2) ($p > 0,00714$), com exceção dos espécimes do grupo M(20-20).

Verificou-se, pela análise dos valores de microdureza no topo dos espécimes, que um aumento do tempo de polimerização nos espécimes dos grupos com matriz de Memosil [M(40), M(20-20)] e Registrado Clear [RC(40), RC(20-20)], não permitiu um aumento dos valores de dureza da resina composta, apresentando resultados estatisticamente inferiores aos espécimes do grupo A(O2) ($p < 0,00714$). No caso dos grupos Bite-Perf®, o aumento do tempo de polimerização permitiu obter valores de microdureza no topo dos espécimes substancialmente superiores, indicadores de uma polimerização adequada, não existindo uma diferença significativa entre os dois protocolos avaliados (20s+20s ou 40s) e os espécimes do grupo A(O2), com este material. Assim, e uma vez que se conseguiu reverter a inibição inicialmente verificada com o aumento do tempo de polimerização para os espécimes do grupo do Bite-Perf®, pode sustentar-se a hipótese dessa inibição ser provocada por uma dificuldade na transmissão da luz através do material, tal como foi descrito noutras publicações (Pitta Lopes *et al.*, 2013). Perante esta situação, os iniciadores, nomeadamente a canforoquinona, ainda estão disponíveis e em concentração suficiente para serem ativados assim que a luz atinge eficazmente a superfície da resina composta. Uma vez que a intensidade da luz, bem como o seu comprimento de onda, são fatores essenciais para que se consiga uma boa polimerização da resina (Kramer *et al.*, 2008; Porto *et al.*, 2010), o aumento do tempo de polimerização permite ativar o iniciador que ainda não tinha sido ativado, garantido uma maior polimerização da resina composta. Recomenda-se, então, a realização de uma polimerização adicional de 20 segundos, para se atingirem níveis de polimerização satisfatórios a nível clínico, quando se utilizam matrizes oclusais de polietileno (BP). Esta polimerização pode ser feita com ou sem a matriz de polietileno (BP) interposta, uma vez que, neste estudo, apesar de existir uma tendência para os valores de dureza serem superiores nos espécimes com polimerização adicional de 20 segundos sem matriz, as duas situações estudadas no grupo Bite-Perf® foram semelhantes às do grupo controlo. São então rejeitadas as duas primeiras

hipóteses nulas para as matrizes de polietileno (BP), enquanto que para as matrizes de PVS essas hipóteses são aceites.

A existência de uma inibição química, entre os PVS e a resina composta, ou o contato com oxigénio são as hipóteses explicativas para o fenómeno de inibição da polimerização na superfície de topo da resina composta (Pitta Lopes *et al.*, 2013), apesar de segundo a literatura, uma das vantagens da utilização de matrizes oclusais ser a ausência de contacto do oxigénio com a superfície da resina composta, no momento da polimerização (Liebenberg, 1996;Hamilton *et al.*, 1998;Margraf, 2008). De forma a encontrar uma explicação para a inibição da superfície de topo da resina composta, foi efetuado um segundo estudo onde se prepararam os espécimes num ambiente sem oxigénio. Na literatura, é sugerida a utilização de uma atmosfera de árgon (Rueggeberg&Margeson, 1990;Suh, 2004;Kim *et al.*, 2006) ou azoto (Suh, 2004;Shawkat *et al.*, 2009) como alternativas ao oxigénio, tendo sido este último utilizado no presente estudo. Os valores de microdureza na superfície de topo dos espécimes dos grupos SA(A) foram estatisticamente diferentes dos obtidos no grupo SA(O2), apresentando desta forma um grau de conversão superior, que indica que se conseguiu uma atmosfera com baixos níveis de oxigénio. Observam-se, também, valores de microdureza na superfície de topo dos espécimes dos grupos PVS [M(A) e RC(A)] bastante superiores aos M(O2) e RC(O2), o que indica um aumento do grau de conversão. Esta observação permite afirmar que, o fator responsável pela inibição verificada com a utilização de matrizes oclusais de PVS é o oxigénio. Este facto deve-se, muito provavelmente, à natureza permeável dos siloxanos ao oxigénio (Shin-Etsu, 2005;Boileau, 2008;Chakraborty, 2008), que permite o contacto deste com a superfície da resina composta no momento da polimerização. No grupo BP(A), os espécimes demonstraram valores de microdureza estatisticamente semelhantes aos observados no grupo BP(O), o que confirma a ausência de contato da superfície de topo da resina com o oxigénio, quando se utiliza este material como matriz oclusal. Assim, a diminuição do grau de conversão, verificada com a utilização deste material, tanto em oxigénio como em azoto, é provocada por outro fator, possivelmente uma dificuldade na transmissão da luz, tal como sugerem estudos anteriores (Pitta Lopes *et al.*, 2013).

Sabe-se que a presença de oxigénio durante a polimerização de resina composta leva à formação de uma camada superficial inibida (Bergmann *et al.*, 1991;Suh, 2004;Shawkat *et al.*, 2009), que varia de espessura consoante o tipo de resina,

aproximadamente entre os 25 e 200 μm^3 (Bergmann *et al.*, 1991). Durante a reação de polimerização, o oxigénio reage com os radicais livres formando peróxidos, compostos estáveis com baixa reatividade com os monómeros, que interferem com a reação de polimerização, favorecendo a terminação ou atraso da mesma (Eliades&Caputo, 1989;Gauthier *et al.*, 2005;Shawkat *et al.*, 2009). A camada superficial inibida apresenta uma composição muito semelhante à da resina não polimerizada, com exceção da ausência do iniciador, normalmente a canforoquinona, consumido ou decomposto na fase inicial da reação, pela presença de oxigénio e formação dos radicais peróxido (Eliades&Caputo, 1989;Rueggeberg&Margeson, 1990;Suh, 2004;Oyama *et al.*, 2012). Assim, tal como Rueggeberg&Margeson concluíram, é expectável que o aumento do tempo de polimerização, após uma polimerização inicial numa atmosfera com oxigénio, não permita uma polimerização adicional da resina composta (Rueggeberg&Margeson, 1990;Suh, 2004). Assim, o segundo estudo deste trabalho laboratorial explica as diferenças observadas no primeiro estudo, já que o aumento do tempo de polimerização não levou a um aumento do grau de conversão nos espécimes de resina composta com a polimerização inibida pelo oxigénio, ou seja, nos grupos de PVS. Desta forma, a terceira hipótese nula é parcialmente rejeitada. A alteração da atmosfera, de oxigénio para azoto, provocou um aumento na microdureza das resinas compostas polimerizadas sem matriz de acetato e através dos materiais de PVS. Analisando os valores de microdureza da base neste estudo, destacam-se os resultados bastante baixos apresentados pelo grupo BP(O₂), comparativamente com o grupo BP(A), facto o que é de difícil explicação.

É importante referir que no grupo sem acetato (SA) apenas foram incluídos sete espécimes. Esse facto deve-se à dificuldade de regularização da superfície de topo da resina composta, quando não existe nenhum material de matriz oclusal, que perturba as indentações e medições das mesmas, e também à dificuldade de acesso à câmara de luvas para confeccionar novos espécimes. No entanto, o desvio padrão neste grupo foi semelhante ao dos outros grupos com n=10, não tendo a diferença no número de espécimes sido relevante.

Neste trabalho laboratorial, foi efetuado um terceiro estudo, com o objetivo de testar os métodos de remoção da camada inibida nos grupos em que esta não foi reversível com o aumento do tempo de polimerização. Para tal, foi utilizada acetona e uma borracha de polimento. Para os dois materiais testados, não se conseguiram

alcançar resultados tão bons como os do grupo controlo A(O2) ($p < 0,0125$). Contudo, as indentações observadas na superfície de topo inibida, nem sempre eram de fácil visualização neste grupo, fato que torna os valores de microdureza apresentados como uma mera referência indicativa do que será expectável obter. Na literatura, refere-se que os procedimentos de acabamento e polimento não permitem uma remoção completa da camada inibida pelo oxigénio (Park&Lee, 2011), explicando-se desta forma os resultados obtidos. No entanto, podemos afirmar que o polimento final da resina composta fabricada com matrizes oclusais se assume como um procedimento fulcral para a obtenção de restaurações com qualidade. Quando se compararam os valores da superfície de base não se verificaram diferenças estatisticamente significativas com o controlo A(O2) ($p > 0,0125$)

Para analisar a eficácia da profundidade de polimerização de resinas compostas poderá recorrer-se ao *ratio* de microdureza, obtido pela razão entre as superfícies de base e topo (Mobarak *et al.*, 2009). No presente estudo, para efeitos meramente ilustrativos, decidiu analisar-se o *ratio* para avaliar se foram atingidos níveis de polimerização adequados. No entanto, devido à inibição da superfície de topo, optou-se por utilizar a razão invertida (entre a superfície de topo e a base). Este procedimento foi adotado por se considerar que o *ratio* serve como indicador da eficácia da polimerização, indicando se a diferença de polimerização entre as duas superfícies é razoável, ou seja se a polimerização é homogénea em todo o espécime, não sendo imprescindível utilizar sempre a mesma razão, uma vez que não se está a medir profundidade de polimerização, mas sim a testar se a polimerização do espécime é adequada na sua generalidade. Assim, assume-se que um *ratio* superior a 80% é representativo de uma polimerização eficaz. Este procedimento pode ser considerado válido, desde que o valor de microdureza médio da base dos espécimes não seja significativamente diferente do grupo controlo, o que se verificou no presente estudo, estando, desta forma, a analisar-se a microdureza de uma superfície em relação a outra que sabemos ter valores normais. Neste contexto, os grupos BM (81%), AM (91%) e BRC (81%) apresentaram *ratios* de microdureza superiores a 80%, o que indica que atingimos, após a remoção da camada inibida, uma zona com grau de conversão da resina composta que está dentro dos valores normais, tendo em conta a microdureza da base do espécime. O grupo ARC (74%) foi o único em que os espécimes apresentaram

um *ratio* inferior a 80%, provavelmente por não ter sido removida toda a camada de resina composta inibida (Gráfico A1).

Apesar da discussão anterior, foi necessário aceitar a quarta e a quinta hipóteses nulas, uma vez que comparando com os espécimes do grupo controlo A(O2), a aplicação de acetona e o polimento da superfície inibida não permite a remoção eficaz da camada de resina inibida, após polimerização através de matrizes de PVS.

Uma vez que, com os procedimentos de polimento não se consegue uma remoção completa da camada inibida pelo oxigénio (Park&Lee, 2011), poderá optar-se pela utilização de uma matriz de acetato ou pela aplicação de uma camada de glicerina durante a polimerização da resina composta, como forma de prevenir a formação da camada superficial inibida pelo oxigénio (Bergmann *et al.*, 1991; Magne&Nielsen, 2009; Park&Lee, 2011). A utilização quer da matriz quer da glicerina, deve ser realizada antes da polimerização inicial e não após a mesma, uma vez que o iniciador poderá estar inibido de forma irreversível pelo oxigénio, tal como foi referido anteriormente. No entanto, a matriz de acetato apresenta-se como o método mais eficaz para prevenir a formação da camada inibida, uma vez que quando a glicerina é aplicada são introduzidas pequenas quantidades de oxigénio na glicerina, que podem levar ao aparecimento de uma camada inibida (Park&Lee, 2011).

De acordo com os resultados deste estudo laboratorial, podemos sugerir que, ao serem utilizadas matrizes oclusais de polietileno (BP), se deve realizar uma polimerização adicional de 20 segundos, independentemente da interposição de matriz oclusal, durante esse período. Quanto à resina composta polimerizada através de matrizes de PVS, a formação da camada inibida deve ser tomada como certa, e deverá ser removida, com a aplicação de técnicas de polimento adequadas para resinas compostas ou, então, possivelmente evitada com a aplicação de uma camada de glicerina. No entanto, a utilização desta última sugestão deverá ser sujeita a confirmação em estudos futuros. Poderá também ser interessante, no futuro, avaliar o grau de conversão das resinas compostas através de métodos diretos, recorrendo por exemplo a espectroscopia Raman.

6. Conclusão

Com os resultados obtidos neste estudo laboratorial, podemos concluir que:

- 1) O aumento do tempo de fotopolimerização só se justifica quando se utiliza o material de polietileno (BP) como matriz oclusal, de modo a aumentar a dureza da resina composta. Esse tempo de fotopolimerização adicional deve ser executado, idealmente, sem interposição do material de matriz.
- 2) A inibição da polimerização da resina composta, verificada com a utilização de PVS (M e RC) como material de matriz oclusal, deve-se à presença de oxigénio em contato com a resina composta, durante a fotopolimerização. Esse efeito não se verifica com matrizes de polietileno (BP).
- 3) A aplicação das técnicas de remoção da camada inibida, nos grupos PVS, não produziu espécimes com valores de microdureza de superfície de topo semelhantes aos do grupo controlo (com acetato em atmosfera de oxigénio). No entanto, o polimento com borracha parece ter sido suficiente para se atingirem valores de microdureza próximos daqueles observados na superfície de base.

7. Referências Bibliográficas

1. Attar, N. The effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of composite resin materials. *J Contemp Dent Pract* (2007); 8(1):27-35.
2. Baratieri, L. N., Monteiro Junior, S., Correa, M. and Ritter, A. V. Posterior resin composite restorations: a new technique. *Quintessence Int* (1996); 27(11):733-738.
3. Barbosa, S. H., Zanata, R. L., Navarro, M. F. and Nunes, O. B. Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins. *Braz Dent J* (2005); 16(1):39-44.
4. Bergmann, P., Noack, M. J. and Roulet, J. F. Marginal adaptation with glass-ceramic inlays adhesively luted with glycerine gel. *Quintessence Int* (1991); 22(9):739-744.
5. Boileau, S. B., B.; Ganachaud, F. Silicon based polymers- Advances in Synthesis and Supramolecular Organization. Springer; 2008
6. Castro, J. J., Keogh, T. P., Llamas Cadaval, R. and Jimenez Planas, A. A new system for the transferral of the occlusal morphology in posterior direct composite resin restorations. *J Esthet Dent* (1997); 9(6):311-316.
7. Celik, C. and Ozgunaltay, G. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness of tooth-colored materials. *Quintessence Int* (2009); 40(9):783-789.
8. Chakraborty, R. (2008). Development of novel cycloaliphatic siloxanes for thermal and uv-curable applications. Doctoral Thesis. University of Akron.
9. de Jong, L. C., Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Roeters, J. J., Wolke, J. G. and Geitenbeek, B. The effectiveness of different polymerization protocols for class II composite resin restorations. *J Dent* (2007); 35(6):513-520.
10. Eliades, G. C. and Caputo, A. A. The strength of layering technique in visible light-cured composites. *J Prosthet Dent* (1989); 61(1):31-38.
11. Ferracane, J. L. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* (1985); 1(1):11-14.
12. Ferracane, J. L. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *Dent Mater* (2013); 29(1):51-58.
13. Gauthier, M. A., Stangel, I., Ellis, T. H. and Zhu, X. X. Oxygen inhibition in dental resins. *J Dent Res* (2005); 84(8):725-729.
14. Geddes, A., Craig, J. and Chadwick, R. G. Preoperative occlusal matrix aids the development of occlusal contour of posterior occlusal resin composite restorations--clinical rationale and technique. *Br Dent J* (2009); 206(6):315-317.

15. Hamilton, J. C., Krestik, K. E. and Dennison, J. B. Evaluation of custom occlusal matrix technique for posterior light-cured composites. *Oper Dent* (1998); 23(6):303-307.
16. Jefferies, S. R. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dent Clin North Am* (2007); 51(2):379-397, ix.
17. Kenneth, J. A. Phillips' Science of Dental Materials. 11th edition. USA, Elsevier; 2003
18. Kim, J. S., Choi, Y. H., Cho, B. H., Son, H. H., Lee, I. B., Um, C. M. and Kim, C. K. Effect of light-cure time of adhesive resin on the thickness of the oxygen-inhibited layer and the microtensile bond strength to dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* (2006); 78(1):115-123.
19. Kramer, N., Lohbauer, U., Garcia-Godoy, F. and Frankenberger, R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent* (2008); 21(3):135-142.
20. Liebenberg, W. H. Occlusal index-assisted restitution of esthetic and functional anatomy in direct tooth-colored restorations. *Quintessence International* (1996); 27(2):81-88.
21. Mackenzie, L. B., FJ.; Shortall, AC. Posterior Composites: A Practical Guide Revisited. *Dent Update* (2012); 39(211-216.
22. Magne, P. and Nielsen, B. Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *J Prosthet Dent* (2009); 102(5):298-305.
23. Mandikos, M. N. Polyvinyl siloxane impression materials: an update on clinical use. *Aust Dent J* (1998); 43(6):428-434.
24. Margraf, M. Technique of occlusal matrix for restoration with composite resin in posterior teeth: clinical case. *Rev.ABO Nac.* (2008); 16(1):57-60.
25. Mobarak, E., Elsayad, I., Ibrahim, M. and El-Badrawy, W. Effect of LED light-curing on the relative hardness of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* (2009); 34(1):65-71.
26. Oyama, K., Tsujimoto, A., Otsuka, E., Shimizu, Y., Shiratsuchi, K., Tsubota, K., Takamizawa, T. and Miyazaki, M. Influence of oxygen inhibition on the surface free energy and enamel bond strength of self-etch adhesives. *Dent Mater J* (2012); 31(1):26-31.
27. Park, H. H. and Lee, I. B. Effect of glycerin on the surface hardness of composites after curing. *J Kor Acad Cons Dent* (2011); 36(6):483-489.
28. Pitta Lopes, J., Catalão, F., Barragán, G., Portugal, J. and Arantes-Oliveira, S. Influência de diferentes matrizes oclusais na fotopolimerização de uma resina composta:

- análise de microdureza Knoop. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac* (2013); 54:203-209.
29. Porto, I. C., Soares, L. E., Martin, A. A., Cavalli, V. and Liporoni, P. C. Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Braz Oral Res* (2010); 24(4):475-481.
30. Portugal, J. (2008). Efeito das condições de fotopolimerização sobre o desempenho laboratorial e clínico de um sistema adesivo ortodôntico. Tese de Douturamento. Universidade de Lisboa.
31. Poskus, L. T., Placido, E. and Cardoso, P. E. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater* (2004); 20(8):726-732.
32. Ramirez, C. C., RPM; Paula, A; Carrilho, EV. Restaurações Seriadas em Dentes Posteriores com Recurso às Matrizes Oclusais. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac* (2007); 48:155-160.
33. Rueggeberg, F. A. and Margeson, D. H. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* (1990); 69(10):1652-1658.
34. Sadowsky, S. J. An overview of treatment considerations for esthetic restorations: a review of the literature. *J Prosthet Dent* (2006); 96(6):433-442.
35. Scheibe, K. G., Almeida, K. G., Medeiros, I. S., Costa, J. F. and Alves, C. M. Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *J Appl Oral Sci* (2009); 17(1):21-26.
36. Schmitt, V. L., Puppim-Rontani, R. M., Naufel, F. S., Ludwig, D., Ueda, J. K. and Sobrinho, L. C. Effect of finishing and polishing techniques on the surface roughness of a nanoparticle composite resin. *Braz J Oral Sci.* (2011); 10(2):105-108.
37. Scotti, N., Venturello, A., Borga, F. A., Pasqualini, D., Paolino, D. S., Geobaldo, F. and Berutti, E. Post-curing conversion kinetics as functions of the irradiation time and increment thickness. *J Appl Oral Sci* (2013); 21(2):190-195.
38. Shawkat, E. S., Shortall, A. C., Addison, O. and Palin, W. M. Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dent Mater* (2009); 25(11):1338-1346.
39. Shin-Etsu. Characteristic Properties of Silicone Rubber Compounds. Shin Etsu Chemical Co., Ltd. (2005);
40. Smith, W. F. *Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 3rd edition. NY, 1998

41. Suh, B. I. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. *J Esthet Restor Dent* (2004); 16(5):316-323.
42. Uhl, A., Michaelis, C., Mills, R. W. and Jandt, K. D. The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. *Dent Mater* (2004); 20(1):21-28.
43. Venturini, D., Cenci, M. S., Demarco, F. F., Camacho, G. B. and Powers, J. M. Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent* (2006); 31(1):11-17.

ANEXO A- Tabelas

Tabela A 1- Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes do Estudo 1.

TEMPO	MATERIAL		KHN TOPO	KHN BASE
40	Sem Acetato	Média	20,88	73,30
		Desvio Padrão	3,52	5,23
		Máximo	32,80	84,60
		Mínimo	11,20	59,50
		N	10	10
	Bite-Perf	Média	74,89	62,06
		Desvio Padrão	6,54	7,00
		Máximo	90,00	79,20
		Mínimo	60,90	46,50
		N	10	10
	Memosil	Média	27,60	65,64
		Desvio Padrão	1,43	3,55
		Máximo	33,30	73,00
		Mínimo	23,10	59,80
		N	10	10
	Registrado Clear	Média	26,11	61,07
		Desvio Padrão	1,54	2,63
		Máximo	30,20	67,40
		Mínimo	22,00	56,00
		N	10	10
20-20	Sem Acetato	Média	20,88	73,30
		Desvio Padrão	3,52	5,23
		Máximo	32,80	84,60
		Mínimo	11,20	59,50
		N	10	10
	Bite-Perf	Média	82,02	66,11
		Desvio Padrão	1,23	2,96
		Máximo	86,20	72,50
		Mínimo	76,70	60,00
		N	10	10
	Memosil	Média	25,23	75,35
		Desvio Padrão	1,63	2,30
		Máximo	30,20	83,00
		Mínimo	21,40	64,70
		N	10	10
	Registrado Clear	Média	27,31	66,89
		Desvio Padrão	1,27	3,16
		Máximo	30,70	74,90
		Mínimo	24,10	61,30
		N	10	10

Tabela A 2- Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores do Estudo 1.

Tests of Normality							
Grupos		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Microdureza_superficie_topo	sem acetato_40	,203	10	,200 [*]	,920	10	,355
	BitePerf_40	,198	10	,200 [*]	,860	10	,076
	Memosil_40	,249	10	,080	,867	10	,093
	Registrado_40	,194	10	,200 [*]	,897	10	,204
	BitePerf20_20	,132	10	,200 [*]	,988	10	,994
	Memosil20_20	,180	10	,200 [*]	,967	10	,866
	registrado20_20	,188	10	,200 [*]	,949	10	,653
	acetato20	,178	10	,200 [*]	,933	10	,479
Microdureza_base	sem acetato_40	,198	10	,200 [*]	,868	10	,095
	BitePerf_40	,112	10	,200 [*]	,984	10	,985
	Memosil_40	,179	10	,200 [*]	,921	10	,362
	Registrado_40	,216	10	,200 [*]	,828	10	,031
	BitePerf20_20	,166	10	,200 [*]	,932	10	,466
	Memosil20_20	,167	10	,200 [*]	,948	10	,648
	registrado20_20	,178	10	,200 [*]	,932	10	,471
	acetato20	,140	10	,200 [*]	,971	10	,897

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tabela A 3- Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância no Estudo 1.

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Microdureza_superficie_topo	Based on Mean	9,801	7	72	,000
	Based on Median	7,260	7	72	,000
	Based on Median and with adjusted df	7,260	7	25,520	,000
	Based on trimmed mean	9,664	7	72	,000
Microdureza_base	Based on Mean	6,644	7	72	,000
	Based on Median	6,149	7	72	,000
	Based on Median and with adjusted df	6,149	7	23,660	,000
	Based on trimmed mean	6,594	7	72	,000

Tabela A 4- Teste Kruskal-Wallis para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes do Estudo 1.

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Chi-Square	65,725	40,093
df	7	7
Asymp. Sig.	,000	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grupos

Tabela A 5- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e SA(40).

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Mann-Whitney U	,000	22,000
Wilcoxon W	55,000	77,000
Z	-3,780	-2,117
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,034
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,035 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 6- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e M(40).

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Mann-Whitney U	,000	37,000
Wilcoxon W	55,000	92,000
Z	-3,780	-,983
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,326
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,353 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 7- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e BP(40).

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Mann-Whitney U	47,000	47,500
Wilcoxon W	102,000	102,500
Z	-,227	-,189
Asymp. Sig. (2-tailed)	,821	,850
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,853 ^b	,853 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 8- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e M(20-20).

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Mann-Whitney U	,000	48,000
Wilcoxon W	55,000	103,000
Z	-3,780	-,151
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,880
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,912 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 9- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) no topo e na base dos grupos A(O2) e RC(40).

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Mann-Whitney U	,000	14,000
Wilcoxon W	55,000	69,000
Z	-3,780	-2,721
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,007
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,005 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 10- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e BP(20-20).

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Mann-Whitney U	24,500	33,000
Wilcoxon W	79,500	88,000
Z	-1,928	-1,285
Asymp. Sig. (2-tailed)	,054	,199
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,052 ^b	,218 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 11- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e RC(20-20).

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _base
Mann-Whitney U	,000	32,000
Wilcoxon W	55,000	87,000
Z	-3,780	-1,361
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,174
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,190 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 12- Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e base dos espécimes do Estudo 2.

AMBIENTE	MATERIAL		KHN TOPO	KHN BASE
Azoto	Sem Acetato	Média	65,25	73,03
		Desvio Padrão	6,39	4,00
		Máximo	79,90	84,70
		Mínimo	51,90	64,10
		N	7	7
	Bite-Perf	Média	53,82	58,70
		Desvio Padrão	7,49	5,72
		Máximo	68,60	74,20
		Mínimo	40,20	49,30
		N	10	10
	Memosil	Média	63,51	67,83
		Desvio Padrão	5,50	3,20
		Máximo	76,10	77,30
		Mínimo	51,20	59,60
		N	10	10
	Registrado Clear	Média	57,79	70,14
		Desvio Padrão	4,29	3,20
		Máximo	68,10	77,50
		Mínimo	48,30	63,20
		N	10	10
Oxigénio	Sem Acetato	Média	22,30	60,44
		Desvio Padrão	2,66	10,05
		Máximo	44,40	89,50
		Mínimo	8,00	18,40
		N	10	10
	Bite-Perf	Média	55,36	39,31
		Desvio Padrão	13,57	10,22
		Máximo	86	63
		Mínimo	24	11
		N	10	10
	Memosil	Média	30,10	69,61
		Desvio Padrão	2,80	2,39
		Máximo	37,00	76,70
		Mínimo	23,90	64,10
		N	10	10
	Registrado Clear	Média	23,13	64,25
		Desvio Padrão	3,18	8,27

	Máximo	30,10	82,80
	Mínimo	14,70	45,50
	N	10	10

Tabela A 13-Teste de Kolmogrov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores no Estudo 2.

Tests of Normality					
			Kolmogorov-Smirnov ^a		
Material		Atmosfera	Statistic	df	Sig.
Controlo	Dureza_Knoop_Topo	oxigénio	,162	10	,200 [*]
		Azoto	,343	7	,012
	Dureza_Knoop_Base	oxigénio	,192	10	,200 [*]
		Azoto	,251	7	,200 [*]
Memosil	Dureza_Knoop_Topo	oxigénio	,152	10	,200 [*]
		Azoto	,152	10	,200 [*]
	Dureza_Knoop_Base	oxigénio	,113	10	,200 [*]
		Azoto	,220	10	,187
Registrado	Dureza_Knoop_Topo	oxigénio	,118	10	,200 [*]
		Azoto	,124	10	,200 [*]
	Dureza_Knoop_Base	oxigénio	,141	10	,200 [*]
		Azoto	,136	10	,200 [*]
Biteperf	Dureza_Knoop_Topo	oxigénio	,169	10	,200 [*]
		Azoto	,165	10	,200 [*]
	Dureza_Knoop_Base	oxigénio	,323	10	,004
		Azoto	,235	10	,124

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tabela A 14-Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância no Estudo 2.

Test of Homogeneity of Variance						
Material			Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Controlo	Dureza_Knoop_Topo	Based on Mean	1,505	1	15	,239
		Based on Median	,522	1	15	,481
		Based on Median and with adjusted df	,522	1	7,301	,492
		Based on trimmed mean	1,076	1	15	,316
	Dureza_Knoop_Base	Based on Mean	2,078	1	15	,170
		Based on Median	2,007	1	15	,177
		Based on Median and with adjusted df	2,007	1	10,581	,185
		Based on trimmed mean	1,924	1	15	,186
Memosil	Dureza_Knoop_Topo	Based on Mean	1,919	1	18	,183
		Based on Median	1,670	1	18	,213
		Based on Median and with adjusted df	1,670	1	12,484	,220
		Based on trimmed mean	1,925	1	18	,182
	Dureza_Knoop_Base	Based on Mean	1,539	1	18	,231
		Based on Median	,565	1	18	,462
		Based on Median and with adjusted df	,565	1	13,972	,465
		Based on trimmed mean	1,328	1	18	,264
Registrado	Dureza_Knoop_Topo	Based on Mean	,858	1	18	,367
		Based on Median	,856	1	18	,367
		Based on Median and with adjusted df	,856	1	17,184	,368
		Based on trimmed mean	,857	1	18	,367
	Dureza_Knoop_Base	Based on Mean	12,144	1	18	,003
		Based on Median	11,831	1	18	,003
		Based on Median and with adjusted df	11,831	1	13,004	,004
		Based on trimmed mean	12,122	1	18	,003
Biteperf	Dureza_Knoop_Topo	Based on Mean	3,638	1	18	,073
		Based on Median	3,681	1	18	,071
		Based on Median and with adjusted df	3,681	1	15,607	,074
		Based on trimmed mean	3,644	1	18	,072
	Dureza_Knoop_Base	Based on Mean	,582	1	18	,455
		Based on Median	,501	1	18	,488
		Based on Median and with adjusted df	,501	1	13,045	,491
		Based on trimmed mean	,506	1	18	,486

Tabela A 15-Teste MANOVA de duas dimensões para as variáveis dependentes e atmosfera.

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Dureza_Knoop_Topo	22382,042 ^a	7	3197,435	71,838	,000
	Dureza_Knoop_Base	7731,482 ^b	7	1104,497	24,645	,000
Intercept	Dureza_Knoop_Topo	165014,319	1	165014,319	3707,446	,000
	Dureza_Knoop_Base	300406,306	1	300406,306	6703,048	,000
Grupos	Dureza_Knoop_Topo	2097,094	3	699,031	15,705	,000
	Dureza_Knoop_Base	5146,075	3	1715,358	38,275	,000
Atmosfera	Dureza_Knoop_Topo	14658,990	1	14658,990	329,350	,000
	Dureza_Knoop_Base	1535,529	1	1535,529	34,263	,000
Grupos * Atmosfera	Dureza_Knoop_Topo	5849,085	3	1949,695	43,805	,000
	Dureza_Knoop_Base	1211,669	3	403,890	9,012	,000
Error	Dureza_Knoop_Topo	3071,113	69	44,509		
	Dureza_Knoop_Base	3092,330	69	44,816		
Total	Dureza_Knoop_Topo	187157,437	77			
	Dureza_Knoop_Base	311728,824	77			
Corrected Total	Dureza_Knoop_Topo	25453,156	76			
	Dureza_Knoop_Base	10823,812	76			

a. R Squared = ,879 (Adjusted R Squared = ,867)

b. R Squared = ,714 (Adjusted R Squared = ,685)

Tabela A 16-Teste ANOVA para a atmosfera de oxigénio e a microdureza Knoop da superfície de topo.

Tests of Between-Subjects Effects ^a					
Dependent Variable: Dureza_Knoop_Topo					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7200,447 ^b	3	2400,149	45,863	,000
Intercept	42831,789	1	42831,789	818,446	,000
Grupos	7200,447	3	2400,149	45,863	,000
Error	1883,990	36	52,333		
Total	51916,227	40			
Corrected Total	9084,437	39			

a. Atmosfera = oxigénio

b. R Squared = ,793 (Adjusted R Squared = ,775)

Tabela A 17-Teste *post-hoc* de Student-Kneuman-Keuls para os valores de microdureza Knoop da superfície de topo obtidos nos espécimes preparados em atmosfera de oxigénio.

Dureza_Knoop_Topo ^a			
Student-Newman-Keuls ^{b,c}			
Material	N	Subset	
		1	2
Controlo	10	22,3010	55,3610
Registrado	10	23,1270	
Memosil	10	30,1030	
Biteperf	10		
Sig.		,054	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 52.333.^a

Tabela A 18- Teste ANOVA para a atmosfera de azoto e a microdureza Knoop da superfície de topo.

Tests of Between-Subjects Effects^a

Dependent Variable: Dureza_Knoop_Topo

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	888,885 ^b	3	296,295	8,236	,000
Intercept	132292,662	1	132292,662	3677,510	,000
Grupos	888,885	3	296,295	8,236	,000
Error	1187,123	33	35,973		
Total	135241,211	37			
Corrected Total	2076,008	36			

a. Atmosfera = Azoto

b. R Squared = ,428 (Adjusted R Squared = ,376)

Tabela A 19- Teste *post-hoc* de Student-Kneuman-Keuls para os valores de microdureza Knoop da superfície de topo obtidos nos espécimes preparados em atmosfera de azoto.

Dureza_Knoop_Topo^a

Student-Newman-Keuls^{b,c,d}

Material	N	Subset		
		1	2	3
Biteperf	10	53,8240		
Registrado	10	57,7900	57,7900	
Memosil	10		63,5130	63,5130
Controlo	7			66,9200
Sig.		,169	,051	,236

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 35,973^e.

Tabela A 20- Teste ANOVA para a atmosfera de oxigénio e a microdureza de superfície de base.

Tests of Between-Subjects Effects^a

Dependent Variable: Dureza_Knoop_Base

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5286,881 ^b	3	1762,294	25,205	,000
Intercept	136430,576	1	136430,576	1951,270	,000
Grupos	5286,881	3	1762,294	25,205	,000
Error	2517,079	36	69,919		
Total	144234,537	40			
Corrected Total	7803,961	39			

a. Atmosfera = oxigénio

b. R Squared = ,677 (Adjusted R Squared = ,651)

Tabela A 21-Teste *post-hoc* de Student-Kneuman-Keuls para os valores de microdureza da superfície de base dos espécimes preparados em atmosfera de oxigénio.

Dureza_Knoop_Base^a
Student-Newman-Keuls^{b,c}

Material	N	Subset		
		1	2	3
Biteperf	10	39,3060		
Controlo	10		60,4380	
Registrado	10		64,2500	64,2500
Memosil	10			69,6130
Sig.		1,000	,315	,160

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 69,919^a.

a. Atmosfera = oxigénio

Tabela A 22-Teste ANOVA para a atmosfera de azoto e microdureza Knoop da superfície de base.

Tests of Between-Subjects Effects^a
Dependent Variable: Dureza_Knoop_Base

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1037,690 ^b	3	345,897	19,843	,000
Intercept	164104,129	1	164104,129	9414,054	,000
Grupos	1037,690	3	345,897	19,843	,000
Error	575,250	33	17,432		
Total	167494,288	37			
Corrected Total	1612,940	36			

a. Atmosfera = Azoto

b. R Squared = ,643 (Adjusted R Squared = ,611)

Tabela A 23-Teste *post-hoc* de Student Kneuman Keuls para os valores de microdureza Knoop da superfície de base obtidos para os espécimes preparados em atmosfera de azoto.

Dureza_Knoop_Base^a
Student-Newman-Keuls^{b,c,d}

Material	N	Subset		
		1	2	3
Biteperf	10	58,6960		
Memosil	10		67,8350	
Registrado	10		70,2500	70,2500
Controlo	7			72,8014
Sig.		1,000	,228	,203

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 17,432^a.

a. Atmosfera = Azoto

Tabela A 24- *T*-test de comparações múltiplas para a microdureza da superfície de topo dos espécimes preparados em atmosfera com azoto e com oxigénio.

			Independent Samples Test		
			t-test for Equality of Means		
Material			Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Controlo	Dureza_Knoop_Topo	Equal variances assumed	,000	-44,61900	2,23501
		Equal variances not assumed	,000	-44,61900	2,55656
Memosil	Dureza_Knoop_Topo	Equal variances assumed	,000	-33,41000	1,94992
		Equal variances not assumed	,000	-33,41000	1,94992
Registrado	Dureza_Knoop_Topo	Equal variances assumed	,000	-34,66300	1,69019
		Equal variances not assumed	,000	-34,66300	1,69019
Biteperf	Dureza_Knoop_Topo	Equal variances assumed	,758	1,53700	4,90270
		Equal variances not assumed	,759	1,53700	4,90270

Tabela A 25- Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop (KHN) na superfície de topo e na superfície de base dos espécimes do Estudo 3.

TÉCNICA MATERIAL			KHN TOPO	KHN BASE
Acetona	Memosil	Média	54,61	59,96
		Desvio Padrão	8,90	3,17
		Máximo	79,20	68,60
		Mínimo	36,20	50,90
		N	10	10
	Registrado Clear	Média	49,55	66,79
		Desvio Padrão	3,23	2,90
		Máximo	57,9	74,2
		Mínimo	40,9	59,6
		N	10	10
Borracha	Memosil	Média	56,95	69,96
		Desvio Padrão	4,61	4,05
		Máximo	68,60	82,60
		Mínimo	40,90	60,50
		N	10	10
	Registrado Clear	Média	44,91	55,77
		Desvio Padrão	2,64	3,58
		Máximo	56,60	63,00
		Mínimo	39,10	49,50
		N	10	10

Tabela A 26- Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores do Estudo 3.

Tests of Normality							
Grupos		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Microdureza_superficie_topo	acetato sem tratamento	,178	10	,200 [*]	,933	10	,479
	memosil com borracha	,224	10	,167	,915	10	,317
	memosil com acetona	,169	10	,200 [*]	,892	10	,181
	registrado com borracha	,125	10	,200 [*]	,950	10	,673
	registrado com acetona	,180	10	,200 [*]	,963	10	,821
Microdureza_superficie_base	acetato sem tratamento	,140	10	,200 [*]	,971	10	,897
	memosil com borracha	,137	10	,200 [*]	,977	10	,944
	memosil com acetona	,217	10	,198	,911	10	,288
	registrado com borracha	,148	10	,200 [*]	,936	10	,514
	registrado com acetona	,153	10	,200 [*]	,944	10	,602

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tabela A 27- Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância no Estudo 3.

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Microdureza_superficie_topo	Based on Mean	4,628	4	45	,003
	Based on Median	3,684	4	45	,011
	Based on Median and with adjusted df	3,684	4	24,055	,018
	Based on trimmed mean	4,422	4	45	,004
Microdureza_superficie_base	Based on Mean	7,542	4	45	,000
	Based on Median	7,324	4	45	,000
	Based on Median and with adjusted df	7,324	4	14,623	,002
	Based on trimmed mean	7,532	4	45	,000

Tabela A 28- Teste Kruskal-Wallis para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes do Estudo 3.

Test Statistics ^{a,b}		
	Microdureza_superficie_base	Microdureza_superficie_topo
Chi-Square	26,906	35,521
df	4	4
Asymp. Sig.	,000	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grupos

Tabela A 29-Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e BRC.

Test Statistics^a

	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _superficie_b ase
Mann-Whitney U	,000	33,000
Wilcoxon W	55,000	88,000
Z	-3,780	-1,285
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,199
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,218 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 30- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e BM..

Test Statistics^a

	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _superficie_b ase
Mann-Whitney U	5,000	26,000
Wilcoxon W	60,000	81,000
Z	-3,402	-1,814
Asymp. Sig. (2-tailed)	,001	,070
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,075 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Tabela A 31- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e AM

Test Statistics^a

	Microdureza _superficie_t opo	Microdureza _superficie_b ase
Mann-Whitney U	7,000	49,000
Wilcoxon W	62,000	104,000
Z	-3,250	-,076
Asymp. Sig. (2-tailed)	,001	,940
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,971 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

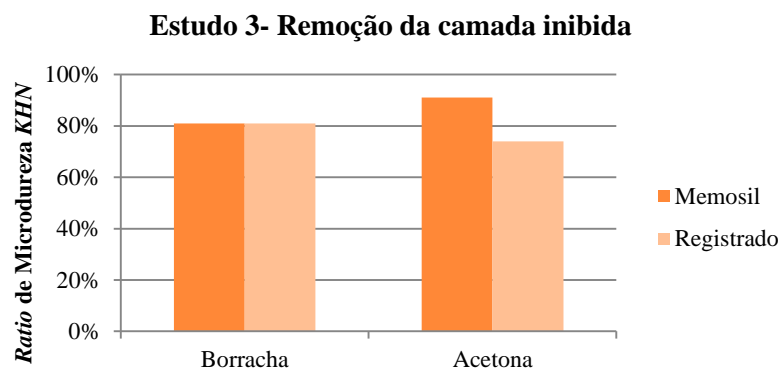
Tabela A 32- Teste Mann-Whitney para os valores de microdureza Knoop (*KHN*) na superfície de topo e de base dos espécimes dos grupos A(O2) e ARC.

Test Statistics ^a		
	Microdureza _superfície_t opo	Microdureza _superfície_b ase
Mann-Whitney U	,000	32,000
Wilcoxon W	55,000	87,000
Z	-3,780	-1,361
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,174
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b	,190 ^b

a. Grouping Variable: Grupos

b. Not corrected for ties.

Gráfico A 1- *Ratio* de microdureza Knoop (*KHN*) dos espécimes do Estudo 3 para diferentes materiais de matriz oclusal e técnicas de remoção da camada inibida.



ANEXO B- Figuras

Figura B 1- Imagens de microscopia ótica com ampliação 40x (Duramin5, Struers AVS) da superfície de topo dos espécimes dos vários grupos. A- SA(O2); B-SA (A); C- M(O2); D- M(A); E- RC(O2); F-RC(A); G-BP(O2); H-BP(A); I-A(O2); J-BM; K-ARC

